

**PENENTUAN JADWAL *PREVENTIVE MAINTENANCE* MESIN-MESIN
DI STASIUN GILINGAN (Studi Kasus PG. Lestari Kertosono)**

***PREVENTIVE MAINTENANCE SCHEDULING DETERMINATION
AT MILL STATION (Case Study PG. Lestari Kertosono)***

Cindy Revitasari¹⁾, Oyong Novareza²⁾, Zefry Darmawan³⁾

Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia

E-mail: cindyrevitasari.lesai@gmail.com¹⁾, novareza15@ub.ac.id²⁾, zefry_gue@yahoo.com³⁾

Abstrak

Kebutuhan gula semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan peningkatan pendapatan masyarakat, Untuk memproduksi gula dalam jumlah yang banyak, diperlukan suatu alat yang dapat membantu dan mempercepat proses produksi tersebut yakni mesin. Proses produksi gula melalui lima unit stasiun, yaitu stasiun gilingan, stasiun pemurnian, stasiun penguapan, stasiun kristalisasi dan stasiun penyelesaian. Dari kelima unit stasiun tersebut, stasiun gilingan pada Pabrik Gula Lestari Kertosono diketahui memiliki downtime yang paling tinggi. Stasiun gilingan merupakan stasiun awal yang memiliki peran yang sangat penting karena jika stasiun gilingan sebagai stasiun awal yang memproses tebu mengalami kerusakan, maka proses produksi gula akan mengalami waktu proses yang lebih lama atau bahkan dapat mengakibatkan proses produksi gula terhenti. Proses produksi di Pabrik Gula Lestari Kertosono sering mengalami suatu masalah pada mesin-mesin yang terdapat di stasiun gilingan yaitu terhambatnya proses produksi diakibatkan karena mesin yang tiba-tiba tidak dapat berfungsi. Untuk memperbaiki kondisi tersebut digunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time to Repair (MTTR). Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh rata-rata nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) mesin-mesin di stasiun gilingan untuk periode giling I sebesar 65,03% dan periode giling II sebesar 65,35%. Komponen mesin kritis adalah komponen yang memiliki nilai RPN diatas nilai RPN dari masing-masing mesin. Untuk mesin cane cutter g memiliki nilai RPN sebesar 73,5, mesin unigrator memiliki nilai RPN sebesar 83,6 dan untuk mesin rol gilingan memiliki nilai RPN sebesar 79,8. Dari perhitungan Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time to Repair (MTTR) dapat diketahui jadwal maintenance. Jadwal maintenance dibuat dalam bentuk kalender sesuai dengan daftar pengelompokan komponen dari masing-masing jenis mesin, waktu perawatan dan banyaknya operator maintenance yang tersedia.

Kata Kunci : PG. Lestari, Overall Equipment Effectiveness (OEE), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Preventive Maintenance

1. Pendahuluan

Untuk dapat memenuhi kebutuhan permintaan gula yang semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk, proses produksi gula di setiap pabrik gula harus dioptimalkan dengan melakukan produksi terus-menerus selama masa panen tebu. Untuk memproduksi gula dalam jumlah yang banyak, diperlukan suatu alat yang dapat membantu dan mempercepat proses produksi tersebut yakni mesin. Seiring dengan peningkatan aktivitas mesin dalam suatu aktivitas produksi bagi suatu perusahaan yang lama-kelamaan tentu akan berdampak pada kinerja mesin yaitu terjadinya penurunan kinerja mesin. Untuk mencegah hal

tersebut terjadi, diperlukan perhatian terhadap kondisi mesin tersebut yakni dengan melakukan perawatan pada mesin produksi, hal ini perlu dilakukan untuk menjaga keefektifitasan dari sebuah mesin.

PTPN X Pabrik Gula Lestari Kertosono merupakan perusahaan yang bergerak pada sektor industri produksi gula. Proses produksi di Pabrik Gula Lestari Kertosono sering mengalami suatu masalah pada mesin-mesin yang terdapat di stasiun gilingan yaitu terhambatnya proses produksi diakibatkan karena mesin yang tiba-tiba tidak dapat berfungsi, oleh karena itu diperlukan suatu tindakan pencegahan yang dapat meminimasi

faktor-faktor yang menyebabkan mesin berhenti beroperasi. Kurang efektifnya tindakan pencegahan di PG Lestari Kertosono menyebabkan tingginya *downtime* yang terjadi pada mesin produksi di stasiun gilingan.

Dari data didapatkan bahwa rata-rata jam kerja setiap bulan selama satu periode giling bulan Juni hingga Desember 2013 dapat diketahui bahwa terdapat 3 mesin yang memiliki rata-rata *downtime* tinggi yaitu, *cane cutter* I rata-rata jam kerja 720 jam dan rata-rata *downtime* sebesar 188 jam, *cane cutter* II rata-rata jam kerja 720 jam dan rata-rata *downtime* sebesar 196 jam dan Rol gilingan IV rata-rata jam kerja 720 jam dan rata-rata *downtime* sebesar 120 jam. Sedangkan Dari data diketahui bahwa rata-rata jam kerja setiap bulan selama satu periode giling bulan Juni hingga Desember 2014 didapatkan bahwa terdapat 3 mesin yang memiliki jumlah rata-rata *downtime* tinggi mesin *cane cutter* I rata-rata jam kerja 720 jam dan rata-rata *downtime* sebesar 194 jam, *cane cutter* I rata-rata jam kerja 720 jam dan rata-rata *downtime* sebesar 206 jam dan Rol Gilingan rata-rata jam kerja 720 jam dan rata-rata *downtime* sebesar 130 jam.

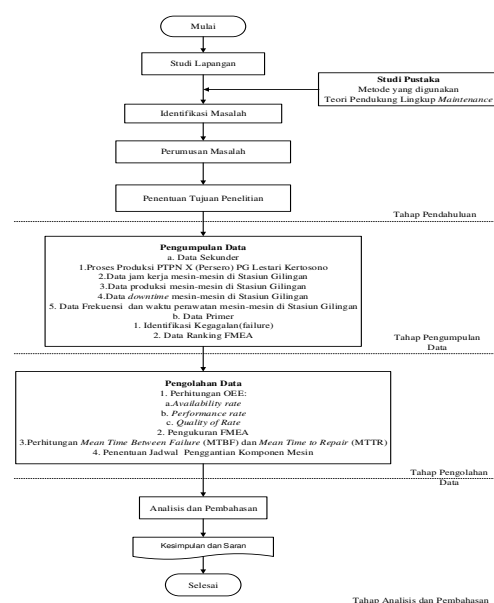
Salah satu pendekatan yang digunakan untuk menanggulangi permasalahan yang terjadi pada stasiun gilingan adalah *Overall equipment effectiveness* (OEE). OEE mengukur efektivitas secara total (*complete, inclusive, whole*) dari kinerja suatu peralatan dalam melakukan suatu pekerjaan yang sudah direncanakan, diukur dari data aktual terkait dengan *availability rate*, *performance efficiency*, dan *quality of product* (Williamson, 2006). Adapun penilaian terkait dengan OEE mesin mengikuti standar global adalah 90% untuk nilai *availability rate*, 95% *performance rate*, dan 99% untuk *quality rate* atau 85% untuk nilai OEE dari suatu peralatan (Hegde,dkk, 2009).

Setelah penentuan nilai OEE dilakukan identifikasi lebih lanjut dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Gazperz (2002) (dalam Satmiko,2014) membuat definisi mengenai *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Definisi “*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan suatu prosedur terstruktur yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*)” serta untuk mengetahui mesin-mesin dan komponen mesin mana saja yang menjadi penyebab utama terhambatnya proses produksi di mesin

gilingan. Lalu dilakukan perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) untuk mengetahui jadwal perawatan mesin yang optimal pada proses produksi di stasiun gilingan berdasarkan klasifikasi dari *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

2. Metodologi Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini diawali dengan survei pendahuluan, stidi literatur. Selanjutnya melakukan identifikasi masalah dan perumusan masalah serta penentuan tujuan penelitian. Langkah selanjutnya adalah proses pengumpulan data, dalam proses ini dilakukan pengumpulan seluruh data sebagai informasi yang akan diolah dan dianalisis dalam penelitian ini yang terdiri dari data primer dan sekunder. Setelah mendapatkan keseluruhan data yang diperlukan, maka dapat dilakukan proses pengolahan data berdasarkan metode yang telah di tentukan berdasarkan karakteristik dari permasalahan yang ada, yaitu *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR). Setelah dilakukan pengolahan data, maka dilakukan analisis dan pembahasan mengenai hasil dan pengolahan data serta dilakukan penarikan kesimpulan dan saran atas analisis dan pembahasan yang dilakukan. Diagram Alir Penelitian ditunjukan dalam Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.1.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE merupakan suatu metrik/ukuran yang menghitung tingkat keefektifan suatu mesin/peralatan secara menyeluruh. OEE merupakan cara dalam *Total Productive maintenance* untuk mengukur keefektifan peralatan/ mesin yang digunakan dalam proses produksi. Dengan adanya OEE maka dapat diketahui *losses* yang paling signifikan dalam suatu mesin, sehingga *losses* tersebut dapat dikurangi dan dapat meningkatkan tingkat keefektifan suatu mesin/peralatan yang digunakan. Perhitungan OEE dihitung dengan rumus (Stephens, 2004):

$$\text{OEE} = \text{Availability rate} \times \text{Performance rate} \times \text{Rate of quality product} \times 100\% \quad (\text{Pers.1})$$

2.1.2 Failure Method and Effect Analysis

Gazperz (2002) (dalam Satmiko, 2013) membuat definisi mengenai *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Definisi "*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan suatu prosedur terstruktur yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*)". FMEA dapat diterapkan pada semua bidang. Baik manufaktur maupun jasa, juga pada semua jenis produk. *Risk Priority Number* (RPN) merupakan *rating severity, occurrence, dan detection*. RPN diperoleh dengan mengalikan *rating severity, occurrence, dan detection*. *Severity (S)* adalah suatu perkiraan subyektif atau estimasi tentang bagaimana buruknya pengguna akhir akan merasakan akibat dari kegagalan tersebut. *Occurance (O)* adalah suatu perkiraan tentang probabilitas atau peluang bahwa penyebab akan terjadi dan menghasilkan modus kegagalan yang menyebabkan akibat tertentu. *Detection (D)* adalah perkiraan subyektif tentang bagaimana efektifitas dan metode pencegahan atau pendeteksian. *Rating* dan RPN hanya digunakan untuk menganalisis *ranking* kelemahan proses untuk mempertimbangkan tindakan yang mungkin untuk mengurangi kekritisan dan membuat proses lebih baik (Ford Motor Company, 1992):

$$\text{RPN} = \text{severity} \times \text{occurrence} \times \text{detection} \quad (\text{Pers.2})$$

2.1.3 Mean Time Between Failure (MTBF)

Menurut Kostas (1981:73), *Mean Time Between Failure* (MTBF) adalah rata-rata interval waktu kerusakan yang terjadi saat

mesin selesai diperbaiki sampai mesin tersebut mengalami kerusakan kembali. MTBF dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Total Time to Repair}}{\text{Number of Failure}} \quad (\text{Pers.3})$$

2.1.4 Mean Time To Repair (MTTR)

Mean Time to Repair (MTTR) merupakan waktu rata-rata dari interval waktu untuk melakukan perbaikan yang dibutuhkan oleh suatu komponen atau sistem. Menurut Kostas (1981:73), MTTR diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Total Repair Time}}{\text{Number of Failure}} \quad (\text{Pers.4})$$

2.1.5 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian kuantitatif. Menurut Sugiyono (2011), Penelitian kuantitatif adalah suatu metode penelitian yang bersifat induktif, objektif dan ilmiah di mana data yang di peroleh berupa angka-angka atau pernyataan-pernyataan yang di nilai dan dianalisis.

3. Pembahasan

Pada pembahasan ini dilakukan perhitungan dan analisis dengan menggunakan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), setelah itu digunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang bertujuan untuk mengetahui komponen-komponen mesin kritis yang menjadi penyebab tingginya *downtime* pada mesin-mesin di stasiun gilingan. Setelah itu dilakukan penjadwalan mesin-mesin di stasiun gilingan dengan parameter *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR).

3.1 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR).

3.1.1 Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE digunakan untuk menghitung efektivitas mesin secara keseluruhan. Data yang diperlukan untuk menghitung OEE adalah

Availability Rate , *Performance Rate*, dan *Rate of Quality*.

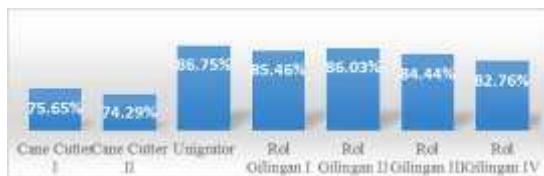
1. Perhitungan *Availability Rate* (AR)

Availability rate merupakan rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin. (Hegde., dkk, 2009). Data yang dibutuhkan untuk menghitung *availability rate* antara lain data waktu kerja dan data waktu henti mesin (*downtime*) pada dua periode giling, periode giling I adalah Juni hingga Desember 2013 dan periode giling II adalah Juni hingga Desember 2014.

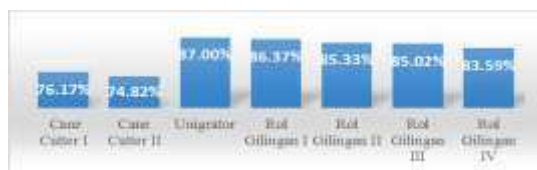
$$AR = \frac{\text{Loading Time} - \text{Downtime}}{\text{Loading Time}} \quad (\text{Pers.5})$$

$$= \frac{720 - 162}{720} \times 100 \% = 77,50\%$$

Hasil dari perhitungan *Availability Rate* pada dua periode giling ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2 Rata-Rata *Availability Rate* pada Periode Juni hingga Desember 2013



Gambar 3 Rata-Rata *Availability Rate* pada Periode Juni hingga Desember 2014

Availability Rate (AR) belum memenuhi standar global yaitu sebesar 90% (Hegde., dkk, 2009). Nilai *Availability Rate* (AR) yang rendah tersebut disebabkan oleh tingginya *downtime* pada mesin-mesin di stasiun gilingan. Faktor yang mempengaruhi tingginya *downtime* tersebut disebabkan karena kerusakan mesin. Peningkatan nilai efektivitas dapat dilakukan dengan meminimalkan *unplanned* dan mengoptimalkan *planned downtime* (Mobley, 2008). *Planned downtime* ini dapat berupa usaha perbaikan mesin secara preventif yaitu berupa pelumasan, penggantian mesin, ataupun pengecekan mesin secara berkala. Sehingga agar dapat meningkatkan nilai *availability rate*,

maka *planned downtime* berupa preventif *maintenance* perlu dioptimalkan.

2. Perhitungan *Performance Rate* (PR)

Performance rate adalah rasio yang menggambarkan kemampuan suatu mesin/peralatan dalam menghasilkan suatu produk/barang (Hegde., dkk, 2009). Data yang dibutuhkan dalam perhitungan ini adalah jumlah produk, ideal produk yang dihasilkan per jamnya dan waktu operasi pada dua periode giling, periode giling I adalah Juni hingga Desember 2013 dan periode giling II adalah Juni hingga Desember 2014. Berikut ini adalah contoh perhitungan dari PR.

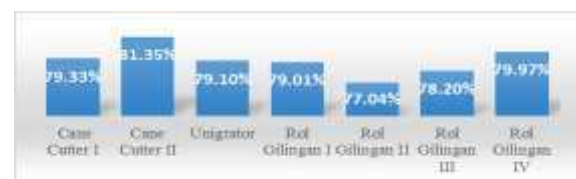
$$PR = \frac{\text{Processed Amount}}{\text{Ideal Cycle Time} \times \text{Operating Time}} \quad (\text{Pers.6})$$

$$= \frac{10870}{25 \times 558} \times 100 \% = 77,92\%$$

Hasil dari perhitungan *Performance Rate* pada dua periode giling ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4 Rata-Rata *Performance Rate* pada Periode Juni-Desember 2013



Gambar 5 Rata-Rata *Performance Rate* pada Periode Juni-Desember 2014

Berdasarkan Gambar 4 dan Gambar 5 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai *performance rate* pada mesin-mesin di stasiun gilingan belum memenuhi standar global yaitu sebesar 95% (Hegde., dkk, 2009). Mesin-mesin yang memiliki *performance rate* rendah menandakan bahwa mesin belum mampu melakukan proses produksi dengan kecepatan produksi ideal yang dimiliki mesin tersebut. Penurunan *performance rate* dapat terjadi karena *idling* peralatan (menunggu bahan baku yang akan diolah), dan output yang rendah karena mengurangi kecepatan mesin (Mobley,

2008). Hal tersebut dapat disebabkan oleh rendahnya keahlian operator, atau perancangan sistem manufaktur yang buruk. Dengan merancang sistem manufaktur yang baik maka nilai *performance rate* juga akan tinggi. Hal ini dapat dilakukan dengan perancangan *layout* yang baik, yaitu dengan membuat mesin-mesin yang dipakai mempunyai kecepatan ideal produksi yang sama atau hampir sama. Dengan kecepatan ideal suatu mesin yang sama atau hampir sama maka *idling* antar peralatan menjadi tidak ada atau sangat rendah sehingga mesin dapat menghasilkan jumlah produk yang sesuai dengan waktu operasi yang ditentukan.

3. Perhitungan *Rate of Quality* (RQ)

Rate of Quality adalah rasio mesin dalam menghasilkan suatu produk sesuai dengan standar yang telah ditetapkan (Hegde., dkk, 2009). Data yang dibutuhkan dalam perhitungan ini adalah data produksi dan data produk cacat pada dua periode giling, periode giling I adalah Juni hingga Desember 2013 dan periode giling II adalah Juni hingga Desember 2014. Berikut ini adalah contoh perhitungan dari RQ.

$$RQ = \frac{\text{Processed Amount} - \text{Defect Amount}}{\text{Processed Amount}} \quad (\text{Pers.7})$$

$$= \frac{10870 - 0}{0} \times 100 \% = 100\%$$

Dari hasil perhitungan *rate of quality* didapatkan bahwa semua mesin memiliki rata-rata *rate of quality* sebesar 100%. Hal tersebut dikarenakan pada stasiun gilingan tidak terdapat proses identifikasi *defect*, *output* dari mesin *cane cutter* I dan *cane cutter* II adalah potongan-potongan tebu yang keseluruhan dari potongan tebu tersebut akan di proses pada mesin unigrator dan hasil dari mesin unigrator adalah tebu yang telah ditumbuk dan menjadi lebih halus. Keseluruhan hasil dari mesin unigrator akan diproses melalui 4 mesin secara berurutan yaitu mesin rol gilingan I, rol gilingan II, rol gilingan III dan rol gilingan IV. Hasil dari mesin rol gilingan IV adalah nira dan ampas, ampas akan digunakan sebagai bahan bakar dari *boiler* dan nira akan diproses pada stasiun berikutnya yaitu stasiun pemurnian.

4. Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Tahap ini menghitung nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dari mesin-mesin di stasiun gilingan, untuk mengetahui

efektivitas secara total dari kinerja suatu peralatan dalam melakukan suatu pekerjaan yang sudah direncanakan, diukur dari data aktual terkait dengan *availability rate*, *performance rate*, dan *rate of quality*. Berikut ini adalah contoh perhitungan OEE.

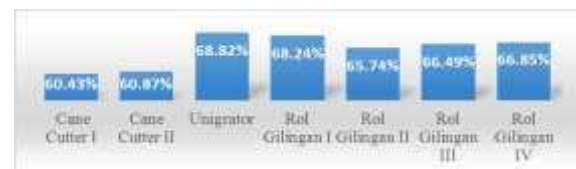
$$OEE = AR \times PR \times RQ$$

$$= 75,65 \% \times 79,15 \% \times 100 \% = 59,88 \%$$

Hasil dari perhitungan *Performance Rate* pada dua periode giling ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7



Gambar 6 Rata-Rata OEE pada periode Juni Desember 2013



Gambar 7 Rata-Rata OEE pada periode Juni Desember 2014

Secara keseluruhan nilai OEE pada mesin-mesin distasiun gilingan masih jauh dari standar *World Class OEE* yaitu sebesar 85% (Hedge., dkk, 2009). Komposisi dari nilai tersebut adalah *availability rate* sebesar 90%, *performance rate* sebesar 95%, dan *rate of quality* sebesar 99,9%. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, maka dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan jadwal perawatan mesin secara preventif (*preventif maintenance*). Menurut Dhillon (2002) beberapa karakter dari pabrik yang membutuhkan program *preventive maintenance* yang baik adalah rendahnya penggunaan peralatan karena adanya kegagalan, besarnya waktu *idle* operator karena kegagalan peralatan, dan penurunan harga peralatan karena menurunnya waktu produktif peralatan akibat buruknya perbaikan

3.1.2 Analisis Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Setelah melakukan pengamatan pada proses produksi di stasiun gilingan maka didapatkan *failure mode* dan *failure effect* pada

tiap bentuk kegagalan. Data ini diperoleh melalui observasi langsung serta wawancara dengan kepala bagian instalasi. Berikut ini adalah analisis dan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dari FMEA untuk masing-masing jenis mesin di stasiun gilingan.

1. Mesin Cane Cutter

Beikut ini adalah perhitungan nilai RPN dari mesin *cane cutter*. Daftar *failure*, *failure mode* dan *failure effect* terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai RPN Mesin Cane Cutter

No.	Failure	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
1.	Disc pecah	Masuknya besi atau batu pada Disc	Mesin <i>cane cutter</i> berhenti beroperasi	4	4	5	80
2.	Disc knife kurang pelumas	Kondisi <i>oil Telhus 37</i> tidak mencukupi	Mesin <i>cane cutter</i> bekerja lambat	2	4	5	40
3.	Cane knife tumpul	Feeding tebu yang terlalu tebal dan keras	Beban <i>electromotor</i> bertambah berat	4	5	7	140
4.	Mur dan Baut Putus	Kausan karena gesekan yang terlalu keras antara tebu dengan mur dan baut	Rotor bekerja tidak <i>balance</i>	2	4	6	48
5.	Bearing panas	Grace yang kering karena kurang pelumas	Bearing pecah dan terbakar	5	2	6	60
6.	Mata pisau patah	Setting yang terlalu rapat dengan rotor	Mesin <i>Cane Cutter</i> I berhenti beroperasi	4	5	7	140
7.	V Belt putus	Putaran mesin terlalu berat dan oli yang sering mengenai V Belt	Mesin <i>Cane Cutter</i> berhenti beroperasi	5	3	5	75
8.	Cylinder Rotor Macet	Waste yang menempel pada <i>cylinder</i>	Mesin <i>Cane Cutter</i> I berhenti beroperasi	3	4	5	60
9.	Handle Freed Lepas	Posisi <i>handle freed</i> kurang rapat	<i>Cane Knife</i> tidak dapat memotong tebu dengan optimal	2	2	5	20
10.	Rotor Kendur	Baut kurang kencang	<i>Slip</i> putaran yang tidak seimbang pada <i>cylinder</i>	4	3	6	72
Jumlah							735

Selanjutnya dilakukan penentuan risiko kritis, suatu risiko dikategorikan sebagai risiko kritis jika memiliki nilai RPN di atas nilai kritis.

$$\text{Nilai Kritis RPN} = \frac{\text{Total Nilai RPN}}{\text{Jumlah RPN}} = \frac{735}{10} = 73,5 \quad (\text{Pers.8})$$

Dari perhitungan diatas di dapatkan nilai kritis yang didapat adalah 73,5 dari perhitungan tersebut prioritas perbaikan diberikan kepada kegagalan yang memiliki nilai RPN diatas nilai kritis. Dari total nilai RPN yang memiliki nilai diatas nilai kritis adalah permasalahan V-belt putus dengan nilai RPN 75, *disc pecah* dengan nilai RPN 80 dan nilai RPN terbesar sebesar

140 pada permasalahan *cane knife* tumpul dan mata pisau patah.

2. Mesin Unigrator

Beikut ini adalah perhitungan nilai RPN dari mesin unigrator . Daftar *failure*, *failure mode* dan *failure effect* terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai RPN Mesin Unigrator

No.	Failure	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
1.	Scraper plate aus	Gigi putus karena kemasukan ampas	Mesin Rol gilingan berhenti	4	4	5	80
2.	Plat bergetar	Baut ampas plat putus	Ampar plat bengkok	3	3	5	45
3.	Standard mil check bergetar	Baut set cup atau top Rol putus	Mesin Rol gilingan berhenti	3	4	5	60
4.	Baggage Elevator (BE) tersumbat	Terlalu banyak ampas yang menumpuk di dalam pompa nira	Baggae Elevator berhenti menyalurkan nira	4	4	4	64
5.	Feeding Rol macet	Waste yang menempel pada <i>cutter</i> (pisau) Feeding Rol	Mesin Rol gilingan berhenti	5	5	6	150
Jumlah							399

Selanjutnya penentuan risiko kritis. Suatu risiko dikategorikan sebagai risiko kritis jika memiliki nilai RPN di atas nilai kritis.

$$\text{Nilai Kritis RPN} = \frac{\text{Total Nilai RPN}}{\text{Jumlah RPN}} = \frac{399}{5} = 79,8$$

Dari perhitungan diatas di dapatkan nilai kritis yang didapat adalah 79,8 dari perhitungan tersebut, prioritas perbaikan diberikan kepada kegagalan yang memiliki nilai RPN diatas nilai kritis. Dari total nilai RPN yang memiliki nilai diatas nilai kritis adalah pada permasalahan *scraper plate* aus dengan nilai RPN sebesar 80 dan *feeding* rol macet dengan nilai RPN sebesar 150

3. Mesin Rol Gilingan

Beikut ini adalah perhitungan nilai RPN dari mesin rol gilingan . Daftar *failure*, *failure mode* dan *failure effect* terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai RPN Mesin Rol Gilingan

No.	Failure	Failure Effect	Detection	D
1.	Hammer tumpul	Beban <i>electromotor</i> bertambah berat	Deteksi setelah mesin berhenti Beroperasi	7
2.	Disc pecah	Mesin unigrator berhenti beroperasi	Deteksi setelah mesin berhenti Beroperasi	5
3.	Rotor Macet	Mesin unigrator berhenti beroperasi	Deteksi dari <i>failure effect</i> yaitu terjadi beban kerja berat pada <i>electromotor</i>	5
4.	Disc kurang pelumas	Mesin unigrator bekerja lambat	Deteksi dari <i>failure effect</i> yaitu terjadi ketidak seimbangan pada rotor	4
5.	Bearing panas	Bearing pecah dan terbakar	Deteksi setelah <i>bearing</i> pecah	6

Selanjutnya penentuan risiko kritis. Suatu risiko dikategorikan sebagai risiko kritis jika memiliki nilai RPN di atas nilai kritis.

$$\text{Nilai Kritis RPN} = \frac{\text{Total Nilai RPN}}{\text{Jumlah RPN}} = \frac{399}{5} = 79,8$$

Dari perhitungan diatas di dapatkan nilai kritis yang didapat adalah 79,8 dari perhitungan tersebut, prioritas perbaikan diberikan kepada kegagalan yang memiliki nilai RPN diatas nilai kritis. Dari total nilai RPN yang memiliki nilai diatas nilai kritis adalah pada permasalahan *scraper plate* aus dengan nilai RPN sebesar 80 dan *feeding rol* macet dengan nilai RPN sebesar 150.

3.1.3 Perhitungan Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time To Repair (MTTR)

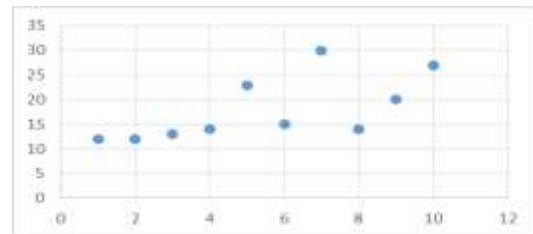
Perhitungan MTBF dan MTTR digunakan untuk mengetahui berapa rata-rata suatu komponen mesin mengalami kerusakan dan berapa lama waktu perbaikan, komponen mesin-mesin distasiun gilingan pada Pabrik gula lestari memiliki tiga jenis mesin yang digunakan untuk memproduksi gula, yaitu mesin *cane cutter*, unigrator, dan rol gilingan. Tabel 4 merupakan rekap perhitungan MTBF dan MTTR untuk komponen dari mesin-mesin di stasiun gilingan.

Tabel 4 Data perhitungan MTBF dan MTTR

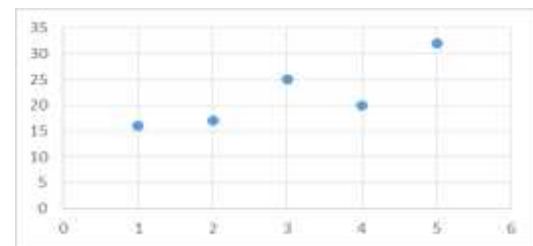
No.	Mesin	Permasalahan	MTBF (Hari)	MTTR (Menit)
1	Cane Cutter	Disc pecah	12	51
2		Disc knife kurang pelumas	12	37
3		Cane knife tumpul	13	43
4		Mur dan Baut Putus	14	38
5		Bearing panas	23	41
6		Mata pisau patah	15	54
7		V Belt putus	30	101
8		Cylinder Rotor Macet	14	79
9		Handle Freed Lepas	20	99
10		Rotor Kendur	27	91
11	Unigrator	Hammer tumpul	16	41
12		Disc pecah	17	58
13		Rotor Macet	25	99
14		Disc kurang pelumas	20	40
15	Rol gilingan	Bearing panas	32	52
16		Scraper plate aus	16	49
17		Plat bergetar	15	72
18		Standard mil check bergetar	26	74
19		Baggage Elevator (BE) tersumbat	17	58
20		Feeding rol macet	17	54

Jadwal Perawatan dibuat berdasarkan perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR).

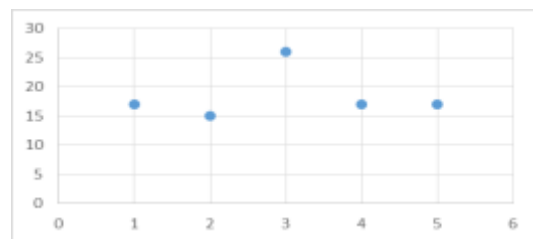
Jadwal perawatan dikelompokkan berdasarkan jenis mesin dan rentan waktu hari perawatan yang berdekatan berdasarkan *scattergraph*. Berikut ini adalah gambar *scattergraph* pengelompokan jadwal perawatan dan daftar pengelompokan komponen mesin.



Gambar 7 Scattergraph Pengelompokan Mesin Cane Cutter



Gambar 8 Scattergraph Pengelompokan Mesin Unigrator



Gambar 9 Scattergraph Pengelompokan Mesin Rol Gilingan

Berdasarkan pengelompokan sesuai dengan pengelompokan rentan waktu perawatan dengan *scattergraph*, maka dapat diketahui kategori pengelompokan komponen yang terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5 Daftar Pengelompokan Komponen Mesin

No.	Jenis mesin	Jumlah hari	Kategori Pengelompokan	Jenis Permasalahan
1.	Cane Cutter	12	A1	Disc Knife kurang pelumas
2.		12-15	A2	Disc pecah, Cane knife tumpul, Mur dan baut putus, Cylinder rotor macet dan Mata pisau patah.
3.		20-23	A3	Handle freed lepas dan Bearing panas
4.		26-30	A4	Rotor Kendur dan V-Belt putus
5.	Unigrator	20	B1	Disc Knife kurang pelumas
6.		16-17	B2	Hammer tumpul dan Disc pecah
7.		25-32	B3	Rotor macet dan Bearing panas
8.	Rol Gilingan	15-17	C1	Scraper plate aus, Plat bergetar, Baggage Elevator (BE) tersumbat dan Feeding rol macet
9.		26	C2	Standard mil check bergetar

Daftar pengelompokan perawatan mesin dibuat berdasarkan jenis mesin dan juga rentan

waktu perawatan yang berdekatan untuk mempermudah operator *maintenance* dalam melaksanakan proses perawatan yang terjadwal. Pertimbangan pengelompokan juga didasarkan pada jumlah operator *maintenance* yang ada pada Pabrik Gula Lestari. Untuk mempermudah melakukan perawatan, maka dibuat jadwal perawatan pada periode giling mulai bulan Juni hingga Desember. Jadwal perawatan dibuat dalam bentuk kalender sesuai dengan daftar pengelompokan komponen dari masing-masing jenis mesin, waktu perawatan dan banyaknya operator *maintenance* yang tersedia. Dari Tabel 6 dapat diketahui komposisi perawatan untuk masing-masing mesin yaitu mesin *cane cutter*, mesin unigrator dan mesin rol gilingan.

Tabel 6 Komposisi Waktu Fokus Perawatan

No.	Bulan	Jenis Mesin	Jumlah Perawatan	Jumlah hari	Total Waktu perawatan (%)
1.	Juni	<i>Cane Cutter</i>	8	30	26,67
2.		Unigrator	6		20
3.		Rol Gilingan	3		10
4.	Juli	<i>Cane Cutter</i>	10	31	32,59
5.		Unigrator	7		22,59
6.		Rol Gilingan	3		9,68
7.	Agustus	<i>Cane Cutter</i>	10	31	32,59
8.		Unigrator	8		25,8
9.		Rol Gilingan	3		9,68
10.	September	<i>Cane Cutter</i>	10	30	33,33
11.		Unigrator	7		23,33
12.		Rol Gilingan	3		10
13.	Oktober	<i>Cane Cutter</i>	9	31	29,03
14.		Unigrator	9		29,03
15.		Rol Gilingan	3		9,68
16.	November	<i>Cane Cutter</i>	10	30	33,33
17.		Unigrator	5		16,67
18.		Rol Gilingan	3		10
19.	Desember	<i>Cane Cutter</i>	8	31	25,8
20.		Unigrator	7		22,58
21.		Rol Gilingan	3		9,68

Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa pada setiap bulan yaitu Juni hingga Desember prioritas kegiatan *maintenance* terbesar adalah untuk mesin *cane cutter*; lalu mesin unigrator dan yang terakhir adalah mesin rol gilingan. Sehingga Departemen Instalasi pada Pabrik Gula Lestari bisa memberikan *allowance maintenance* terbesar dalam ketersediaan operator, ketersediaan peralatan *maintenance* dan ketersediaan komponen mesin sesuai dengan komposisi alokasi fokus perawatan pada mesin-mesin di stasiun gilingan.

3.2 Rekomendasi Pelaksanaan Kegiatan Perawatan

Dari jadwal perawatan yang dibuat selama periode giling yaitu pada bulan Juni hingga Desember, maka perawatan dapat dibuat sebagai berikut.

- Kegiatan pelumasan untuk mesin *cane cutter* dan unigrator dilakukan secara rutin setiap minggu untuk menjaga kestabilan mesin selama proses produksi.
- Kegiatan perawatan untuk masing-masing mesin, yaitu *cane cutter*, unigrator dan rol gilingan dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah operator yang tersedia untuk melakukan kegiatan *maintenance* pada tiap-tiap mesin.
- Kegiatan perawatan untuk masing-masing mesin juga dapat dilakukan berdasarkan jumlah *Risk Priority Number* (RPN), jadi apabila dalam sehari melakukan lebih dari satu perawatan maka perawatan atau proses *maintenance* dapat dilakukan berdasarkan *ranking Risk Priority Number* (RPN) pada masing-masing komponen mesin. Komponen mesin yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) lebih tinggi dapat didahulukan untuk dilakukan proses perawatan dibanding komponen yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang lebih rendah.
- Kegiatan perawatan untuk mesin *cane cutter* dilakukan antara lain dengan :
 - Kontrol pada bagian *disc* sebagai komponen pelindung *knife* secara rutin. Pengecekan pada *disc* dilakukan dengan memastikan apakah keadaan *disc* benar-benar rapat dan terkunci untuk menghindari masuknya batu dan besi pada *disc*.
 - Pengecekan pada mur dan baut untuk menghindari kondisi mur dan baut yang kendur. Mur dan baut yang kendur dikencangkan dengan ukuran sesuai spesifikasi mesin.
 - Melakukan pergantian pada *knife* yang patah dan melakukan pengasahan pada *knife* yang tumpul agar dapat berfungsi lagi secara optimal selama proses produksi
 - Pengecekan rutin pada bagian Rotor dengan cara memastikan mur dan baut rotor tidak kendur.
 - Kontrol pada bagian *bearing* untuk menghindari akibat fatal yaitu *bearing* yang pecah dan terbakar.
- Kegiatan perawatan untuk mesin unigrator dilakuakn antara lain dengan :
 - Melakukan pengasahan pada *hammer* yang tumpul agar *hammer* dapat menjalankan fungsinya untuk

menumbuk-numbuk tebu secara optimal. Pengecekan pada *disc* dilakukan dengan memastikan apakah keadaan *disc* benar-benar rapat dan terkunci untuk menghindari masuknya batu dan nesi pada *disc*.

- b. Kontrol pada bagian *disc* sebagai komponen pelindung *hammer* secara rutin. Pengecekan pada *disc* dilakukan dengan memastikan apakah keadaan *disc* benar-benar rapat dan terkunci untuk menghindari masuknya batu dan nesi pada *disc*.
 - c. Pengecekan rutin pada bagian rotor dengan cara memastikan mur dan baut rotor tidak kendur.
 - d. Kontrol pada bagian *bearing* untuk menghindari akibat fatal yaitu *bearing* yang pecah dan terbakar.
6. Kegiatan perawatan untuk mesin Rol Gilingan dilakukn antara lain dengan :
- a. Melakukan pengecekan pada *scraper plate* untuk menghindari gigi *scraper plate* yang putus.
 - b. Melakukan pengecekan secara rutin pada bagian *standard mil check* dan *baggage elevator*
 - c. Melakukan pengecekan dan pengasahan secara rutin pada *feeding Rol* agar dapat menjalankan fungsinya untuk pemerah tebu secara optimal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada Pabrik Gula Lestari Kertosono, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk mesin-mesin di stasiun gilingan pada Pabrik Gula Lestari untuk periode giling I yaitu bulan Juni hingga Desember 2013 untuk mesin *cane cutter* I sebesar 59,88%, mesin *cane cutter* II sebesar 59,70%, mesin unigrator 67,47% mesin rol gilingan I-IV berturut-turut adalah sebesar 67,02%, 66,97%, 66,89% dan 67,30%. Sedangkan untuk periode giling II yaitu bulan Juni hingga Desember 2013 untuk mesin *cane cutter* I sebesar 60,43%, mesin *cane cutter* II sebesar 60,87%, mesin unigrator 68,82%, mesin rol gilingan I-IV berturut-turut adalah sebesar 68,24%, 65,74%, 66,49% dan 66,85%. Rata-rata nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

mesin-mesin di stasiun gilingan untuk periode giling I sebesar 65,03% dan periode giling II sebesar 65,35%. Nilai OEE dibawah 80% menunjukkan bahwa mesin-mesin di stasiun gilingan memiliki tingkat efektivitas yang rendah yang dapat menimbulkan kerugian yang lebih besar bila tidak dilakukan perbaikan. Nilai OEE tersebut dapat ditingkatkan dengan melakukan kontrol dan perbaikan secara rutin dan terjadwal.

2. Komponen prioritas yang memberikan pengaruh signifikan adalah komponen yang memiliki RPN diatas nilai kritis pada masing-masing mesin. Untuk mesin *cane cutter* yang memiliki nilai RPN sebesar 73,5, dari total nilai RPN yang memiliki nilai diatas nilai kritis adalah pada permasalahan *V-belt* putus dengan nilai RPN 75, *disc pecah* dengan nilai RPN 80 dan nilai RPN terbesar sebesar 140 pada permasalahan *cane knife* tumpul dan mata pisau patah. Untuk mesin unigrator yang memiliki nilai RPN sebesar 83,6, dari total nilai RPN yang memiliki nilai diatas nilai kritis adalah pada permasalahan *bearing* panas dengan nilai RPN sebesar 90 dan *hammer* tumpul dengan nilai RPN sebesar 140. Dan untuk mesin rol gilingan yang memiliki nilai RPN sebesar 79,8, dari total nilai RPN yang memiliki nilai diatas nilai kritis adalah pada permasalahan *scraper plate* aus dengan nilai RPN sebesar 80 dan *feeding rol* macet dengan nilai RPN sebesar 150. Nilai RPN menunjukkan menunjukkan nilai kritis dari masing-masing komponen yang mengalami kerusakan. Sehingga dari RPN dapat diketahui komponen kritis mana saja yang harus diberikan kontrol lebih dibandingkan komponen yang lain.
3. Dari perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) dapat diketahui rentan waktu dilakukan perawatan dan waktu seharusnya digunakan untuk melakukan sekali perbaikan. Jadwal Perawatan dikelompokan berdasarkan komponen dari masing-masing jenis mesin dan juga rentan waktu perbaikan mesin yang berdekatan berdasarkan *scattergraph*. Untuk mempermudah melakukan perawatan, maka dibuat jadwal perawatan pada periode giling mulai bulan Juni hingga Desember. Jadwal perawatan dibuat dalam bentuk kalender sesuai dengan

daftar pengelompokan komponen dari masing-masing jenis mesin, waktu perawatan dan banyaknya operator *maintenance* yang tersedia.

Daftar Pustaka

Hegde, Harsha G., N.S. Mahesh, K. Doss, 2009, *Overall Equipment Effectiveness Improvement by TPM and 5S Techniques in a CNC Machine Shop*. Vol 8 (2):25-32.

Limantoro, Daniel dan Felicia, 2013, *Total Productive Maintenance di PT X*. Jurnal Titra Vol. 1 No. 1, Janurari 2013, pp.13-20.

Mobley, R. Keith, 2008, *Maintenance Engineering Handbook* (Seventh Edition), New York : McGraw-Hill.

Satmiko AB, 2013, *Implementation Ergonomi Untuk Meningkatkan Sistem Kerja di PT.Ekamas Fortuna Malang*, Jurnal Teknik Industri : 108-113.

Stephens, Mattew. P, 2004, *Productivity and Reliability Based Maintenance Management*, New Jersey: Pearson Education Inc.

Sugiyono, 2011, *Metode Penelitian Kuantitatif kualitatif dan R&D*, Bandung: Alfabeta.